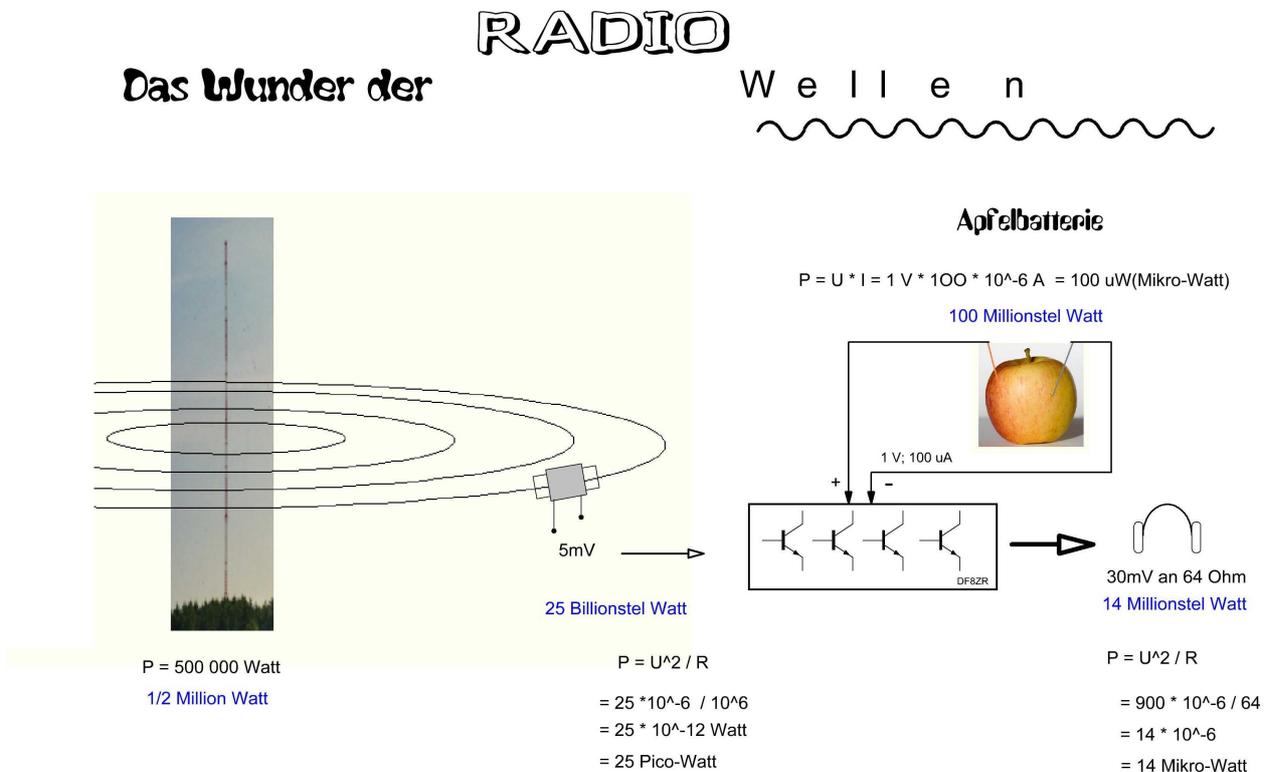


Das 1V-Radio

Wir basteln unser eigenes Radio. Dabei lernen wir neue Bauelemente kennen und erfahren auch etwas über das Wunder der Radiowellen. Für die meisten Leute ist es selbstverständlich, dass aus einem Radio Musik erklingt, wenn wir es einschalten. Aber wie kommen denn die Töne und die Sprache durch die Luft bis zu uns? Da ist doch wie beim traditionellen Telefon kein Draht gespannt. Gewiss, wir wissen, dass man eine Antenne braucht. Aber auch die versteckt sich zuweilen gut getarnt, so dass es doch eigentlich ein Rätsel ist, was da so ein Radio macht.

Von den Sendern haben wir schon gehört. Es soll auch solche geben, die sehr große Antennen haben. Im Rhein/Maingebiet gibt es einige, die leicht am Rande der Autobahnen zu entdecken sind. Zwischen Hanau und Frankfurt (bei Obertshausen) kann man zwei sehr hohe Antennenmaste sehen, die das Programm des HR-Info ausstrahlen. Es ist ein Mittelwellensender des Hessischen Rundfunks, der mit 100kW strahlt. Und im Odenwald stehen bei dem kleinen Dorf Donebach ebenfalls zwei riesige Antennen, die 360m hoch sind. Hier strahlt der Deutschlandfunk (DLF) auf der sog. Langwelle. Von dem Hügel gehen eine halbe Million Watt (500 000 Watt) in die Welt. Wenn man 500 Waschmaschinen zur selben Zeit betreibt, brauchen die etwa ebenso viel Energie wie dieser Radiosender. Doch was kommt davon in unserem Radio an? Tatsächlich sehr, sehr wenig. Das folgende Bild gibt euch einen Überblick über die Energiebilanz.

P.Nr. 38



In dem hier betrachteten Apfelradio bleiben von der halben Million Watt schließlich nur 14 Millionstel Watt übrig. Das ist die Energie des Tones, der vom Kopfhörer auf unsere Ohren einwirkt. Und dabei müssen wir zwischendurch noch Energie aus der Batterie entnehmen, weil allein die empfangene Energie aus der Antenne zu gering wäre, um Sprache oder Musik zu hören. Ihr seht also, dass die Übertragung mit Hilfe der Radiowellen eine sehr verlustreiche Sache ist. Der Sender strahlt rundum in alle Welt. Aber ein Empfänger, der weit entfernt ist, erhält nur winzige Bruchteile der Sendeenergie, mit der er fertig werden muss. Insofern steckt auch in jedem Radio ein kleines Wunder. Macht es doch aus wenigen Billionstel Watt eine hörbare Leistung, die manchmal sogar störend sein kann, wenn man die Lautstärke zu hoch einstellt. Und dieses Wunder wollen wir selbst einmal realisieren, wenn wir jetzt unser eigenes Radio basteln.

Was ist eine Radiowelle?

Der Fachmann spricht von Hochfrequenz, der Physiker von der elektromagnetischen Strahlung. Wir lernen, dass es sich um eine elektromagnetische Radiowelle handelt, die sich mit Lichtgeschwindigkeit in alle Richtungen ausbreitet. Es gibt auch gerichtete Strahlung, z.B. beim sog. Richtfunk. Der aber ist ein Spezialfall und dient nicht direkt der Verbreitung des Rundfunks. Rundfunk heißt ja, dass man rund um den Sender empfangen kann. Allerdings nimmt die Wirkung der Radiowelle mit größerer Entfernung vom Sender schnell ab. In doppelter Entfernung haben wir nur ein Viertel der Empfangsenergie. Man kann den Verlust durch bessere Empfangsantennen ausgleichen. Jedoch reicht das Versorgungsgebiet eines durchschnittlichen Mittelwellensenders nur so etwa 200 km. In den Nachtzeiten werden die Radiowellen zusätzlich an der Ionosphäre gespiegelt. Da kann man auch sehr weit entfernte Sender gut empfangen. Aber den HR-Info und den DLF empfangen wir um Darmstadt herum ohne Probleme. Hier sind die Radiowellen dieser Sender besonders stark und wir können sie mit einfachen Empfängern laut hören.

Unser Empfänger

Unser Radio ist ein sog. Geradeausempfänger. Dieser Typ wird so genannt, weil in ihm keine Umsetzung der Hochfrequenz stattfindet. Selbst preiswerte Radios sind heute fast ausschließlich Superhet-Empfänger. Das deutsche Wort ist Überlagerungsempfänger. Es sind die Super der Radiotechnik. Und weil es heute kein Problem ist, auch komplizierte Schaltungen mit Automaten herzustellen, kann man die Super billig anbieten. Doch was hätten wir von solch einem HiTech-Produkt? Eigentlich nichts als das Übliche, was wir im Alltag so als Wegwerfelektronik kennen. Ist es kaputt, wird es entsorgt. Nicht einmal eine Reparatur lohnt sich wegen des geringen Anschaffungspreises. Und es gibt ja auch keine Fachwerkstätten mehr, die eine Reparatur durchführen könnten.

Ganz anders verhält sich das bei unserem Radio. Wir löten es aus verschiedenen Bauteilen selbst zusammen und kennen eigentlich jede Einzelheit. Wir lernen etwas über die Funktionen der Module und sind auch nach einiger Übung in der Lage, Fehler oder Schwachstellen selbst zu entdecken und zu reparieren. Dabei gehen wir schrittweise vor und arbeiten besonders sorgfältig. Denn nichts ist für einen Anfänger auf diesem Fachgebiet der Elektronik schwieriger, als nach der Fertigstellung ohne Hilfe und teure Messgeräte die verschiedenen Fehlfunktionen richtig zu deuten. Aber keine Angst, ich werde euch natürlich helfen.

Die Antenne

Betrachten wir mal die Schaltung (Seite 4). Da ist zunächst am linken Rand von einer Antenne die Rede. Wir verwenden eine sog. Ferritantenne. Das ist eigentlich eine Spule mit einem besonderen Eisenkern. Der besteht aus einem stabförmigen Keramikzylinder, in dem feinste Eisenpartikel eingebettet sind. Ein solches Eisen nennt man Ferrit. Es hat für die Hochfrequenzspulen besonders

gute magnetische Eigenschaften, z.B. geringe Verluste. Diese Spule ist ein Teil des sog. Schwingkreises.

Auswahl des Senders

Der elektrische Schwingkreis bestimmt die Empfangsfrequenz. Also wenn wir den HR-Info hören wollen, so gehört dazu eine bestimmte Spule und ein passender Schwingkreiskondensator. Er ist parallel zur Spule geschaltet. So ein Schwingkreis wird deshalb auch Parallelschwingkreis genannt. Die Größen L für die Induktivität der Spule und C für die Kapazität des Kondensators bestimmen die sog. Resonanzfrequenz des Schwingkreises. Beide zusammen bilden die Antenne. Wird das magnetische Feld des Senders so durch den Ferritstab geleitet, dass es optimal aufgenommen wird, dann erzeugt es in der Spule und dem Schwingkreis einen kleinen Wechselstrom, der im nachfolgenden Transistor verstärkt wird.

Ihr müsst euch entscheiden, ob ihr den HR-Info oder den DLF empfangen wollt. Beides geht nicht, da wir einen Schwingkreis mit einer festen Resonanzfrequenz haben, keinen abstimmbaren. Dafür hätten wir z.B. einen Drehkondensator benötigt, der aber viel zu teuer ist. Um das Prinzip des Radios zu verstehen, genügt es ja, nur einen bestimmten Sender aufzunehmen. Bitte entscheidet euch vor dem Bau, welchen Sender ihr empfangen wollt. Ich wickele die Ferritantennen nach eurem Wunsch, da ich nicht beliebig viele davon vorrätig habe. Die Antenne löten wir ganz zuletzt in unser Radio ein.

Die Hochfrequenzverstärker

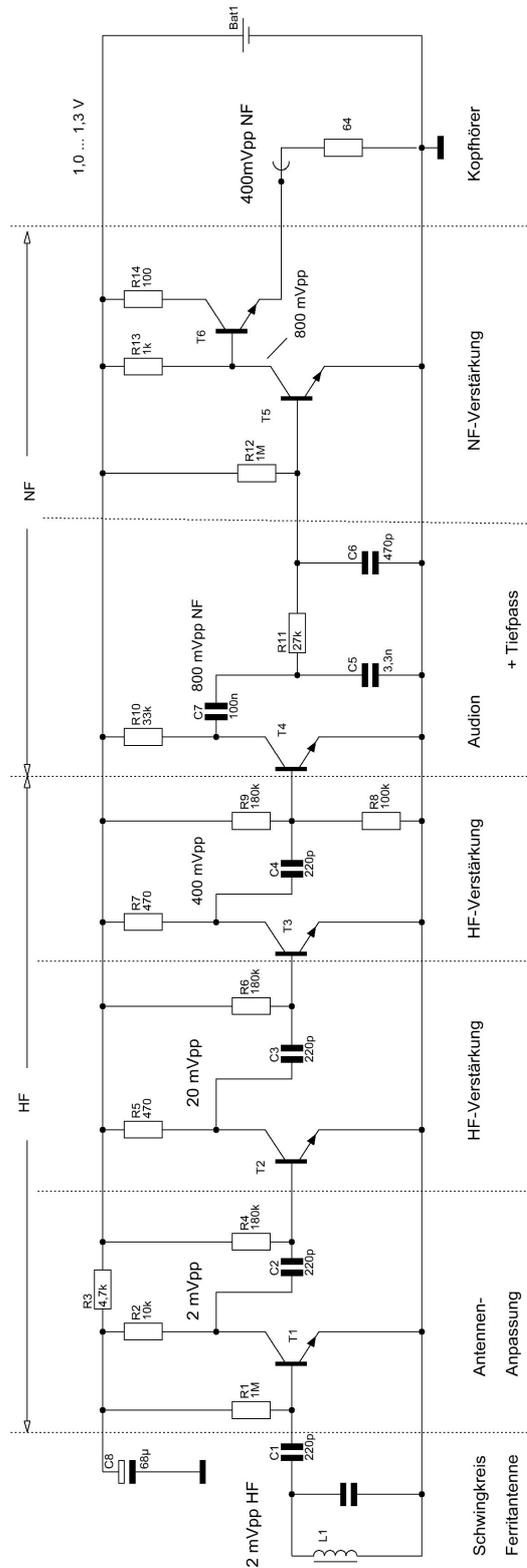
Wie schon gesagt, müssen wir die schwache Energie von der Antenne kräftig verstärken, damit der Ton hörbar wird. Der eigentliche Träger der Sprache oder Musik ist die hochfrequente Radiowelle. Würde man sie immer mit gleicher Stärke ausstrahlen, so würden wir nichts hören. Manchmal tritt dieser Fall in den Sprechpausen ein, wir nehmen nur ein leichtes Rauschen wahr. Man sagt, die Hochfrequenz ist dann nicht moduliert. Erst die Sprache oder ein musikalischer Ton modulieren die hochfrequente Energie. Die Welle wird mehr oder weniger kräftig abgestrahlt. Die Energie an der Sendeantenne schwankt also im Rhythmus der Sprache oder der Musik. Die Stärke der Radiowelle wird beeinflusst. Jetzt ist dieses Schwanken der Energie deutlich als Ton zu hören. So, als ob die Luft von den Schallwellen mehr oder weniger zusammengedrückt wird, wird auch die hochfrequente Radiowelle mehr oder weniger von der Sendeantenne abgestrahlt. Im Radioempfänger sind dann diese Schwingungen der Energiestärke als Ton zu hören. Da die Höhe der Energie, also die Amplitude moduliert wird, nennt man diese Art von Radiowellen auch amplitudenmodulierte Hochfrequenz(AM).

Demodulation

Man sagt, die hochfrequente Welle wird demoduliert. Dieser Vorgang wird in der dritten Stufe unseres Empfängers am Transistor 3 vorgenommen. Dazu erfolgt zunächst eine Gleichrichtung des Hochfrequenzstromes. Der Halbleiterübergang von der Basis zum Emitter des Transistors bildet eine Diode. Diese lässt aber den hochfrequenten Strom in den Transistor nur in der positiven Halbwelle fließen, in der negativen sperrt sie ihn. Nur die positiven Halbwellenströme werden jetzt im Transistor verstärkt und machen ihn vom Kollektor zum Emitter leitend. Der Kollektorstrom ist ja um den Verstärkungsfaktor des Transistors(500) höher als der schwache Hochfrequenzstrom, der von der Basis zum Emitter fließt. Es findet also auch noch eine Verstärkung des demodulierten Hochfrequenzstromes statt. Am Kollektor des T3 sind also schon die demodulierten Schwingungen, die jetzt als niederfrequente Ströme bezeichnet werden, messbar. Allerdings leider auch ein restlicher Anteil von Hochfrequenzspannung. Diese Hochfrequenzspannung wollen wir aber nach der Demodulation nicht weiter verstärken. Sie könnten auf die Antenne zurück wirken und würden vielleicht den Empfänger zum Schwingen bringen. Wir hätten dann unfreiwillig einen Sender

gebaut. Damit nun diese hochfrequenten Ströme nicht weiter ihr Unwesen treiben, werden sie durch einen sog. Tiefpass gesperrt. Er lässt nur die niederfrequenten Ströme passieren, die dann in den letzten beiden Transistoren T5 und T6 weiter verstärkt werden, so dass sie den Kopfhörer lautstark antreiben können. Wir betrachten mal die Schaltung:

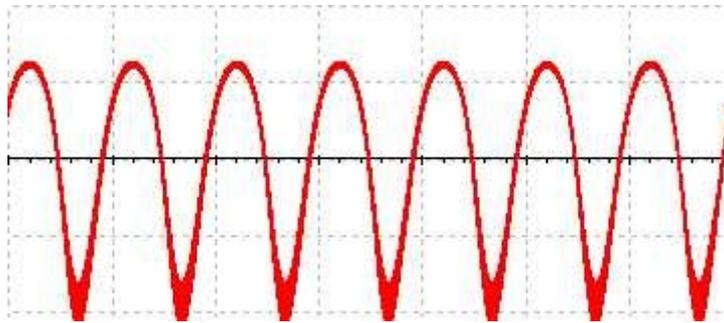
1V-Radio



Wir sehen, dass T1 nur eine Anpassung der Antenne an die nachfolgende Transistorstufe vornimmt. Die hochfrequente Spannung von 2mV(Millivolt) wird nicht verstärkt. Wohl aber wird der Antennenschwingkreis nur mit der geringen Last von 1M(eine Million Ohm) belastet. Dadurch empfängt er wirklich nur den gewünschten Sender und keine anderen, die mit einer dicht nebenan liegenden Frequenz stören könnten. Man sagt, der Antennenkreis ist trennscharf. Damit diese 2mV aber an die nächst folgende, relativ niederohmige Transistorstufe mit dem T2 weiter verstärkt werden kann, liefert T1 diese Energie aus der sehr niederohmigen Quelle T1 am Kollektor. Erst dann wird die hochfrequente Energie durch T2 verstärkt. Und ebenso durch T3, wodurch die Spannung jetzt schon 400mV erreicht. Das entspricht einer Verstärkung um das Zweihundertfache.

Audion

So wird die Schaltung der Stufe T4 genannt, die die Demodulation vornimmt. Wie beschrieben finden wir am Kollektor bei der positiven Halbwelle einen durchgesteuerten, also leitenden Transistor. Das folgende Bild zeigt diese Spannung:



Tiefpass

Wir erkennen aber auch, dass da beim leitenden Transistor – Spannung geht nach unten – ein kleiner unscharfer Rest ist. Das ist der unvermeidbare Anteil der Hochfrequenzspannung, die ja zuvor an der Basis anliegt und leider auch verstärkt wird. Diesen Rest gilt es zu sperren. Dafür sorgen die Schaltelemente C5, R11 und C6. C5 bildet einen Kurzschluss für Hochfrequenz. Die relativ geringe Kapazität von 3,3n(Nanofarad) lässt die hochfrequenten Ströme fast ungehindert nach Masse abfließen. Für die niederfrequenten Ströme, die ja die Sprache und die Musik bilden, ist diese kleine Kapazität jedoch ein großer Widerstand. Die modulierten Signale werden nicht geschwächt. Zur weiteren Behinderung dient dann noch der Längswiderstand R11. Auch er sperrt die hochfrequenten Ströme stärker als die niederfrequenten, weil an seinem rechten Ende wieder ein kapazitiver „Kurzschluss“ ist. Der C6 ist nur für die hochfrequenten Ströme also ein weiterer Kurzschluss nach Masse. Dabei tritt an dem R11 ein großer Spannungsabfall für die hochfrequenten Ströme auf, nicht für die Niederfrequenz. Der Effekt ist so wirksam, dass wir am Ausgang des Tiefpasses, also an der Basis von T5 keine hochfrequenten Restspannungen mehr feststellen.

Endstufe

Nur das demodulierte, niederfrequente Signal wird jetzt noch kräftig verstärkt. T6 speist den Kopfhörer. Er gibt relativ hohe Ströme an die Schwingspule des Hörers ab. Der Stromverbrauch des Radios wird hauptsächlich von dieser Transistorstufe bestimmt. Er liegt bei insgesamt ca. 7 mA. Da eine AA-Batterie mindestens 700mAh hat, kann man theoretisch 100 Stunden lang Radio hören. Viel Spaß dabei.

DF8ZR; 11.01.2009